

AS POLÍTICAS AMBIENTAIS E OS OBJECTIVOS DOS AGRICULTORES: O CASO DOS AGRICULTORES DO SUL DE PORTUGAL

* *Maria Leonor da Silva Carvalho* (leonor@uevora.pt)

** *Maria de Lurdes Ferro Godinho* (mgodinho@uevora.pt)

*Departamento de Economia

**Departamento de Gestão

Universidade de Évora

Largo dos Colegiais, 2

7000-803 Évora

AS POLÍTICAS AMBIENTAIS E OS OBJECTIVOS DOS AGRICULTORES: O CASO DOS AGRICULTORES DO SUL DE PORTUGAL

Grupo de Pesquisa:

Agricultura, Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável

Apresentação com presidente de sessão e sem presença de debatedor.

RESUMO

As decisões económicas e ambientais são particularmente difíceis na região Mediterrânica do sul de Portugal e requerem um conhecimento multidisciplinar. A aridez desta zona associada a solos pobres e delgados torna a actividade agrícola difícil e a produtividade das culturas muito incerta. A degradação e a erosão dos solos são um problema importante, conduzindo a uma crescente desertificação e despovoamento do território. A Comunidade Europeia introduziu um conjunto de medidas de política agrícola, as medidas agro-ambientais, com os objectivos de manter um conjunto sistemas agrícolas tradicionais ameaçados de extinção, eliminar os efeitos negativos da agricultura sobre o ambiente e simultaneamente manter os rendimentos dos agricultores. No entanto, o sucesso destes esquemas depende não só das características das explorações agrícolas mas também das preferências do agricultor. Assim os agricultores, na sua tomada de decisão, têm em consideração vários objectivos em simultâneo. No caso dos agricultores da zona Mediterrânea, parecem ser particularmente importantes os objectivos de maximização do rendimento, de redução da variabilidade desse rendimento e de manutenção do nível de produtividade do solo. A metodologia multi-critério, em que são dados pesos relativos aos vários objectivos do agricultor, maximizar o rendimento e minimizar o risco e a erosão), simula com maior precisão as decisões reais dos agricultores se comparada com a metodologia em que é apenas maximizado o rendimento.

Quando o fim das medidas agro-ambientais é simulado pode-se observar uma reconversão das culturas de sequeiro em pastagens naturais com um ligeiro aumento do encabeçamento pecuário e um ligeiro aumento do nível de erosão do solo. Contudo, o aumento da erosão seria maior se os efeitos do pisoteio dos animais no solo, isto é, se a degradação do solo provocada por elevados encabeçamentos, fossem contabilizados. As medidas agro-ambientais também parecem ser eficazes na manutenção de sistemas culturais tradicionais, baseados na produção extensiva de cereais e forragens de sequeiro, na manutenção de um rendimento agrícola sustentável e na adopção de tecnologias de conservação do solo.

Palavras-chave: Políticas Agro-Ambientais, Erosão, Programação Multi-Critério, Risco, Mediterrâneo

AS POLÍTICAS AMBIENTAIS E OS OBJECTIVOS DOS AGRICULTORES: O CASO DOS AGRICULTORES DO SUL DE PORTUGAL

1. INTRODUÇÃO

A procura de bens produzidos pelas actividades agrícolas tem-se alterado nas últimas décadas em especial nos países mais desenvolvidos. Verifica-se uma tendência para um aumento do valor marginal dos bens ambientais e do lazer relativamente ao valor marginal dos bens alimentares e fibras como resultado do aumento da riqueza, da mobilidade e do tempo de lazer da população. Durante muito tempo, a Política Agrícola Europeia (PAC) (e a Portuguesa) deu maior atenção à produção de bens alimentares em detrimento da produção de bens ambientais como a paisagem rural, a vida selvagem e a biodiversidade, com o consequente impacto negativo na qualidade do ambiente rural. Estas alterações levaram ao surgimento de um movimento ambiental rural e ao desenvolvimento das políticas agro-ambientais. Nalguns países, o valor do mundo rural está frequentemente associado à manutenção de certos sistemas agrícolas, enquanto noutros está relacionado com a equidade para as gerações futuras da redução das reservas de recursos naturais, como a fertilidade do solo, a vegetação nativa e a biodiversidade. (Latacz-Lohmann and Hodge, 2003).

As decisões ambientais são muitas vezes complexas e multi-facetadas, envolvendo aspectos com diferentes prioridades e objectivos. Estudos anteriores têm mostrado que a participação dos agricultores em programas de política agrícola, nomeadamente nos esquemas agro-ambientais, depende não só das características da exploração agrícola mas também das preferências do agricultor (Bonnieux *et al.*, 1998; Drake *et al.* 1999).

As decisões ambientais são tomadas com base num conhecimento multidisciplinar incorporando as ciências naturais, sociais, e a política. Estas decisões são particularmente difíceis na região Mediterrânica. Esta é caracterizada pela sua aridez, onde condições áridas, semi-áridas e sub-húmidas secas são típicas em resultado da reduzida precipitação com distribuição irregular. A eficiência da precipitação pode ser muito baixa devido à sua elevada intensidade e à baixa capacidade de infiltração do solo. A ocorrência de secas é comum em todas as estações, limitando as produções vegetais e pecuárias, portanto, nestas áreas a água é muitas vezes o factor limitante. De um modo geral, os solos são pobres, dado o seu desenvolvimento recente e também devido às condições meteorológicas que não favorecem a produção de biomassa vegetal. Os solos delgados são típicos e a sua capacidade de retenção da água é manifestamente insuficiente para manter a produtividade agrícola. A erosão dos solos é um problema importante e a desertificação está a aumentar. Como consequência, a agricultura de sequeiro nestas áreas enfrenta um risco considerável ao nível da produção. Para o reduzir, os agricultores seguem estratégias que tendem a reduzir a eficiência no uso dos recursos, levando a uma diminuição do rendimento. Então o comportamento de decisão do agricultor da zona mediterrânea incorpora uma particular preocupação relativamente à redução da variabilidade dos rendimentos e à conservação solo e da água para além da preocupação de assegurar um nível de rendimento confortável.

No que respeita à conservação solo e da água, as tecnologias de mobilização do solo têm uma particular importância. Estas tecnologias de conservação, ao contrário da tecnologia tradicional de mobilização do solo, em que existe um elevado nível de perturbação do solo com o uso de charruas, grade de discos e escarificadores, baseiam-se numa redução ou simplificação das operações de mobilização e têm como principal objectivo a conservação do solo e da respectiva humidade. Incluem a mobilização reduzida do solo que consiste em uma ou duas passagens com o escarificador ou grade, sem reviramento do solo, de modo a manter

alguns resíduos das culturas; e a sementeira directa em que existe uma perturbação mínima do solo, permanecendo os resíduos total ou parcialmente à superfície. Nesta última tecnologia, o controlo das infestantes é efectuado usando herbicidas de pré-emergência. O uso mais intenso de pesticidas, nomeadamente de herbicidas, poderá constituir uma das desvantagens desta tecnologia de conservação do solo.

Pelo anteriormente exposto, pode-se afirmar que os agricultores, na sua tomada de decisão, têm em consideração vários objectivos, em simultâneo, com consequências no sucesso ou insucesso das medidas de política. No caso dos agricultores da zona Mediterrânea parecem ser particularmente importantes os objectivos de maximização do rendimento, da redução da variabilidade desse rendimento e da manutenção do nível de produtividade do solo e não apenas o único e tradicional objectivo de maximização do rendimento.

Com este trabalho procura-se analisar a importância de vários objectivos no processo de tomada de decisão dos agricultores da Região Alentejo, Sul de Portugal. Simultaneamente pretende-se estudar o efeito das medidas agro-ambientais quando o agricultor maximiza o rendimento e quando maximiza a utilidade. O efeito destas medidas é também analisado relativamente à erosão do solo. A seguir a esta introdução, a secção 2 é dedicada à metodologia e implementação empírica. A secção 3 apresenta e discute os resultados do modelo de programação multi-critério e define a função utilidade. A secção 4 apresenta os resultados das alterações na afectação da terra, nas tecnologias de mobilização e erosão do solo, nos níveis de rendimento e na sua variabilidade quando são simulados vários cenários relativos à função objectivo e relativos às ajudas agro-ambientais. Por último, as conclusões finais e as implicações políticas são discutidas na secção 5.

2. METODOLOGIA

Nos problemas de decisão abordados por meio da programação matemática, as soluções possíveis são aquelas que satisfazem o conjunto de restrições do problema. Estas soluções são ordenadas de acordo com um único critério que representa as preferências do agente de decisão. Esta função de critério é a função objectivo. Recorrendo a técnicas matemáticas relativamente sofisticadas estabelece-se como “solução óptima”, aquela solução admissível para a qual a função objectivo alcança o valor óptimo.

A aplicação da tradicional programação matemática à modelação das decisões em agricultura assenta no pressuposto que o agente de decisão procura otimizar um único objectivo bem definido, normalmente a maximização de um resultado económico. No entanto, em muitas situações, os agentes de decisão enfrentam vários objectivos simultaneamente, muitas vezes em conflito, e não existe um único critério de decisão facilmente definível.

Actualmente é bem aceite, no campo agrícola, que os objectivos múltiplos são a regra em vez da excepção, quer as decisões sejam tomadas ao nível da empresa ou microeconómico, quer ao nível regional ou macroeconómico, sendo os numerosos estudos nesta área uma prova desta aceitação (Romero e Rehman, 1989; Dent e Jones, 1993; Gómez-Limón e Berbel, 1995, 2000; Arriaza *et al.*, 2000, Pinheiro e Saraiva, 2003; Herrero *et al.*, 1999).

Os agricultores tomam decisões sobre os seus planos de produção em função de uma série de objectivos que tentam otimizar conjuntamente, procurando um compromisso entre eles. O modo como estes objectivos são definidos será determinante no momento de compreender quais são as soluções adoptadas pelos agentes de decisão, i.e., quais são, por exemplo, as superfícies afectas a cada uma das diferentes culturas ou rotações de culturas; ou qual a tecnologia de produção a utilizar. Assim sendo, a programação matemática tradicional

baseada na optimização de um único objectivo pode ser substituída, com vantagem, pelas técnicas de decisão multi-critério.

O interesse de usar técnicas de decisão multi-critério, no contexto do problema em análise, pode ser deduzido da variedade de critérios que são tidos em conta pelos agricultores quando planeiam as suas actividades. Assim, a função objectivo considerada é uma função que maximiza a utilidade do agente de decisão, utilidade essa gerada pelos diferentes atributos considerados.

Em agricultura tem-se optado por calcular funções de utilidade aditivas, especialmente quando um dos critérios considerados é o risco. Segundo Hwang e Yoon (1981), as funções de utilidade não lineares podem ser aproximadas pela forma aditiva muito mais fácil de usar e de compreender conforme sugerido pela teoria, pela simulação e pela experiência. Consequentemente, a função utilidade deduzida é uma função de utilidade multi-critério separável e aditiva.

Para a estimação da função de utilidade, seguiu-se a metodologia proposta por Amador *et al.* (1998). Esta metodologia não exige qualquer espécie de interacção com o agente de decisão, mas antes um conhecimento do seu comportamento real. Por outras palavras, tenta obter uma função de utilidade consistente com as preferências reveladas pelos próprios agricultores.

Esta técnica multi-critério não interactiva de estimação da função de utilidade baseia-se na programação por metas ponderadas. Esta metodologia foi anteriormente utilizada com êxito em diversos estudos, em concreto por Sumpsi *et al.* (1993 e 1997), Gómez-Limón e Berbel (1995 e 1999) e Gómez-Limón e Arriaza (2000).

Esta técnica consta das seguintes etapas:

1. Definir um conjunto de objectivos i (z_i), cada um dos quais como uma função do vector de decisões x (nível das actividades), tal que $z_i = z_i(x)$. Estes objectivos, propostos *a priori*, procuram representar os objectivos actuais do agricultor.
2. Determinar a matriz *pay-off*. Esta matriz permite quantificar o nível de conflito existente entre os objectivos em consideração. O elemento z_{ij} desta matriz é o valor do objectivo i quando o objectivo j é optimizado.
3. Uma vez obtida a matriz *pay-off*, resolve-se o seguinte sistema de $q+1$ equações:

$$\sum_{j=1}^q w_j z_{ij} = z_i \quad i = 1, 2, \dots, q$$

$$\sum_{j=1}^q w_j = 1$$

onde q representa o número de objectivos considerados, w_j são as ponderações dos diferentes objectivos (as incógnitas), z_{ij} são os elementos da matriz *pay-off* e z_i os valores observados para os objectivos.

4. Se, como normalmente acontece, o anterior sistema não tiver solução real positiva, quer dizer, não oferecer como resultados um conjunto de w (pesos de cada objectivo), resolve-se o seguinte programa linear em que se minimiza a soma das variáveis de desvio positivas (dp_i) e negativas (dn_i):

$$\begin{aligned}
& \text{Min } \sum_{i=1}^q \left(\frac{dn_i + dp_i}{z_i} \right) \\
& \text{sujeito a} \\
& \sum_{j=1}^q w_j z_{ij} + dn_i - dp_i = z_i \quad i = 1, 2, \dots, q \\
& \sum_{j=1}^q w_j = 1
\end{aligned}$$

Conforme demonstrado por Dyer (1977), as ponderações (w) obtidas com a programação por metas ponderadas (etapa 4) são consistentes com uma função de utilidade separável e aditiva: $u = \sum_{i=1}^q \frac{w_i}{k_i} z_i(x)$, em que k_i é um factor de normalização (por exemplo, $k_i = z_i^* - z_i^*$, ou seja, a diferença entre os valores ideal e anti-ideal).

Como anteriormente referido, para os agricultores da zona Mediterrânea, na sua tomada de decisão, parecem ser particularmente importantes os objectivos de maximização do rendimento, da redução da variabilidade desse rendimento e da manutenção do nível de produtividade do solo e não apenas o único e tradicional objectivo de maximização do rendimento.

A grande variabilidade na produção na agricultura mediterrânea de sequeiro, consequência da irregular distribuição da precipitação, conduz à instabilidade no rendimento dos agricultores. Os agricultores, com um comportamento de aversão ao risco, preferem planos de exploração e tecnologias de produção que mantenham o seu rendimento relativamente estável, ainda que mais baixo. Este problema foi estudado para o Alentejo, por vários autores, com modelos baseados em programação estocástica discreta sequencial (DSP) associada a uma estrutura MOTAD (minimização dos desvios absolutos totais) (Marques, 1988; Carvalho *et al*, 1997, Carvalho e Godinho, 2004). Assim sendo, um dos objectivos a considerar pelos agricultores é o da minimização do risco.

Segundo Hazell e Norton (1986), sendo os recursos livremente permutáveis, quaisquer discrepâncias estocásticas entre as exigências em recursos por parte das actividades e as disponibilidades dos mesmos podem ser capturadas na função objectivo por meio de actividades de compra e de venda. A aplicação deste conceito requer consideração explícita de todos os ajustamentos que devem ser feitos no plano de exploração, em cada estado de natureza, a fim de evitar planos impossíveis. Sendo todos os riscos do conjunto das restrições transferidos para a função objectivo de um modelo, pode, em seguida, aplicar-se uma regra de decisão de risco simples. Então, o modelo baseia-se em programação estocástica discreta sequencial (DSP) associada a uma estrutura MOTAD (minimização dos desvios absolutos totais) (Hazell, 1971; Hazell e Norton, 1986). Esta técnica leva em consideração a variabilidade da precipitação e os seus efeitos na produção considerando uma série de anos tipo (estados de natureza), cada um dos quais associado a uma determinada probabilidade de ocorrência. O modelo representa não só os efeitos da variação da precipitação, mas também a aversão ao risco e a flexibilidade dos agricultores na tomada de decisões. Enquanto a estrutura DSP permite tomada sequencial de decisões, tipificando a flexibilidade dos agricultores em modificar as decisões estratégicas à medida que a estação decorre, a estrutura MOTAD capta os efeitos do risco no rendimento. Este risco resulta da variabilidade da produção das culturas de sequeiro, da variabilidade das receitas geradas pela venda de produtos intermédios (produções forrageiras), e da variabilidade das receitas devida aos ajustamentos nas alternativas de comercialização (venda do produto animal/carne).

O agricultor como agente de decisão deverá tomar as decisões relativas ao plano de produção, ou seja ao plano de actividades. As suas variáveis de decisão são os níveis de cada actividade. Com o valor atribuído a cada variável de decisão, o produtor pretende atingir determinado conjunto de objectivos. A programação multi-objectivo estabelece matematicamente os valores eficientes das variáveis de decisão de acordo com estes objectivos, simulando o processo mental de decisão do agricultor. A optimização dos objectivos está sujeita a um conjunto de restrições. Uma formulação simplificada do modelo é a seguinte:

$$\text{Max } E(Z) = \sum_n (Z_n X_n) - \sum_g h_g N_g + \sum_p \sum_i r_p p_i V_{pi} + \sum_r \sum_i h_r p_i N_{ri} \quad (1)$$

$$\text{Min } \lambda = \sum_i p_i Y_i \quad (2)$$

$$\text{Min } \varepsilon = \sum_s \varepsilon_s X_s \quad (3)$$

Sujeito a

$$\sum_n A_{mn} X_n \leq T_m \quad (4)$$

$$Y_i + \sum_s M_{is} X_s + \sum_r (M_{ir} - M_r) + \sum_p (M_{ip} - M_p) \geq 0 \quad (5)$$

A equação (1) mostra que o agricultor maximiza os rendimentos esperados para a terra e para a gestão, sendo $\sum_n Z_n X_n$ rendimentos esperados das produções vegetais e pecuárias, X_n , N_g representa as actividades de compra de bens e serviços, e h_g os seus preços; V_{pi} representa as estratégias de comercialização dos animais por estado de natureza i , sendo r_p a sua margem bruta e p_i a probabilidade de ocorrência de cada estado de natureza; N_{ri} representa as actividades de venda de produtos intermédios e h_r os respectivos preços.

A equação (2) diz respeito à minimização do risco, neste caso, da soma ponderada (λ) dos desvios negativos (Y_i) dos vários estados de natureza, de acordo com as respectivas probabilidades de ocorrência.

A equação (3) minimiza o nível total de erosão, ε , representando ε_s o nível de erosão por actividade vegetal, X_s , em ton/ha/ano. Estes níveis de erosão foram estimados no simulador EPIC (Erosion Productivity Impact Calculator) (Williams *et al.*, 1982), de acordo com a tecnologia e o tipo de solo. O EPIC foi calibrado por Godinho (1997) para as condições edafo-climáticas da região.

As equações (4) dizem respeito à disponibilidade dos recursos e ao balanço alimentar dos animais, em que A_{mn} representa os coeficientes técnicos para as actividades vegetais e animais; T_m é o vector da disponibilidade dos recursos.

A equação (5) calcula a soma dos desvios absolutos das margens brutas esperadas, por estado de natureza, representando Y_i os desvios negativos totais do rendimento esperado para cada estado de natureza; M_{is} representa os desvios absolutos das margens brutas esperadas das actividades vegetais; $(M_{ir} - M_r)$ é o desvio para a média das receitas da venda dos produtos intermédios, e $(M_{ip} - M_p)$ tem significado idêntico, mas para as estratégias de comercialização dos animais.

3. IMPLEMENTAÇÃO EMPÍRICA

O modelo é aplicado usando os dados obtidos por inquérito a um agricultor com a sua exploração, considerada como típica, localizada na zona Mediterrânica do sul de Portugal. Estes referem-se à disponibilidade dos recursos, coeficientes técnicos, nível das actividades e motivações do agricultor. Outros dados tais como preços dos produtos e dos factores de produção, solos e actividades alternativas foram obtidos através de estatísticas oficiais do Ministério da Agricultura e consulta a casas comerciais, por consulta de cartas de solos e de

documentos fornecidos pelo Instituto de Meteorologia e Geofísica e através de contactos com técnicos e outros agricultores.

O modelo simula as medidas agro-ambientais previstas na reforma da PAC de 2003, directamente relacionadas com a erosão do solo e com a manutenção dos sistemas produtivos ambientalmente sustentáveis. A exploração em análise é elegível para as medidas agro-ambientais relacionadas com a produção extensiva de forragens, com os sistemas arvenses de sequeiro, sementeira directa e técnicas de mobilização mínima. As actividades vegetais de sequeiro desta exploração agro-pecuária, com 366 hectares de área total, são baseadas em cereais para grão (trigo, trigo duro e tritcale), forragens (aveia*vicia, aveia*tremocilha, aveia), e pastagens (pousio, trevo subterrâneo e pastagem melhorada). O modelo inclui também um conjunto de culturas de regadio, dado que a exploração possui uma área de regadio com 65 hectares. As rotações propostas para esta área baseiam-se em trigo, cevada dística e sorgo para silagem. Todas as actividades vegetais podem ser conduzidas utilizando as diferentes tecnologias de mobilização do solo (tradicional, reduzida e sementeira directa) sendo estas escolhidas pelo modelo.

As actividades pecuárias compreendem diferentes tecnologias de produção de gado bovino e ovino para carne. As actividades diferenciam-se entre si, pelo modo como se prevê o ajustamento da eficiência económica ao manejo biológico e/ou distribuição da pastagem ao longo do ano, o que se traduz na existência de diferentes épocas de parto e cruzamentos. A unidade pecuária é definida tendo em atenção a relação macho/fêmea e as taxas de substituição de machos e de fêmeas. A unidade pecuária, para cada actividade produtiva, é composta por animais adultos reprodutores e por animais de substituição. As várias hipóteses de recria e de épocas de venda representam actividades independentes, relacionadas com a respectiva actividade de produção através da taxa de produtividade. As necessidades alimentares dos animais são inteiramente satisfeitas pelas produções forrageiras da exploração. A variabilidade da produção dos alimentos para os animais determina a selecção da tecnologia animal e as estratégias de comercialização.

4. RESULTADOS

Na primeira parte desta secção apresentam-se os resultados do modelo multi-critério utilizado para estimar os valores da utilidade esperada do agricultor que inclui vários objectivos e os respectivos pesos. São também apresentados os resultados relativos à validação do modelo contendo os valores óptimos das ponderações dos diferentes objectivos anteriormente encontrados. Segue-se a apresentação e discussão dos resultados das simulações dos cenários de objectivos do agricultor e de política agro-ambiental.

4.1. RESULTADOS DO MODELO MULTI-CRITÉRIO

A programação por metas ponderadas tem por objectivo encontrar os pesos dos objectivos do agricultor de modo a que o plano óptimo de exploração estimado esteja tão próximo quanto possível do plano de exploração de facto seguido por este.

Com o fim de se obter a matriz pay-off, o modelo multi-objectivo foi construído e optimizado para os diferentes objectivos propostos: maximização do rendimento esperado para a terra e para a gestão (MB), minimização do risco (RISCO) e minimização do nível de erosão ou perda de solo (EROSÃO). Dado o agricultor ter aderido aos esquemas agro-ambientais da política agrícola, a matriz *pay-off*, apresentada no Quadro 1, inclui estas medidas e foi com base neste cenário que o modelo foi validado.

Na diagonal principal da matriz *pay-off* encontram-se os valores óptimos dos objectivos, encontrando-se nas demais células os valores dos objectivos quando os restantes são otimizados. Por exemplo, quando a MB é maximizada, o RISCO atinge o valor de 4615,8 € e a EROSÃO o valor de 342,3 toneladas. Nesta matriz pode-se obter a informação que permite comparar os valores observados das variáveis de decisão com os valores que estas mesmas variáveis tomam quando se otimizam os diferentes objectivos. Convém notar que os valores observados da erosão foram calculados de acordo com o plano cultural real do agricultor, e com base nas perdas de solo estimadas no modelo EPIC para aquelas culturas, tecnologias e tipo de solos.

Quadro 1 - Matriz *Pay-off*

Valores Obtidos	Valores Óptimos			Valores Observados
	MB	RISCO	EROSÃO	
MB (€)	40 891,6	34 498,9	3 229,73	36 812,2
RISCO (€)	4 615,8	0	0	3 461,9
EROSÃO (ton)	342,3	340,2	51,17	341,8

Fonte: Compilado das soluções dos modelos

Como anteriormente descrito, os valores das ponderações (w_i) dos vários objectivos, obtidos usando a programação por metas ponderadas, são os seguintes:

$$\begin{aligned}
 W_1 - \text{maximização do rendimento para a gestão e terra (MB)} &= 0,750; \\
 W_2 - \text{minimização dos desvios (RISCO)} &= 0,171; \\
 W_3 - \text{minimização da perda de solo (EROSÃO)} &= 0,079.
 \end{aligned}$$

Estes resultados indicam que o agricultor dá um peso de 75% à maximização do rendimento para a gestão e terra, um peso de 17,1% à minimização da soma dos desvios negativos e um peso de 7,9% à minimização da perda de solo. Este comportamento revelado pelo agricultor pode ser descrito pela seguinte função utilidade deste agricultor:

$$U = 75\% \text{ MB} - 17,1\% \text{ RISCO} - 7,9\% \text{ EROSÃO}$$

Contudo, uma vez que as unidade de medida de cada um dos objectivos são diferentes, para esta função ser utilizada nos modelos de simulação, é necessário normalizar as ponderações, de modo a obter ponderações adimensionais. Depois de efectuada a normalização dos pesos, a função de utilidade transformada será:

$$U = 1,99 \text{ MB} - 3,71 \text{ RISCO} - 27,14 \text{ EROSÃO}$$

Quadro 2 – Validação do modelo

<i>Actividades Produtivas</i>	<i>Valor Observado (ha)</i>	<i>Valor Obtido no Modelo (ha)</i>	<i>Desvio (%)</i>
Aveia*Vicia (feno)	12,6	13,6	-1,0
Pastagem Natural	40,2	37,5	2,7
Pastagem de Trevo	23,2	26,0	-2,8
Trigo	5,7	5,0	0,7
Sorgo –regadio	8,8	8,2	0,6
Trigo – regadio	8,0	8,2	-0,2
Pousio Obrigatório	1,5	1,5	0
Bovinos (U.P.)	217	210	3,5
Total	100,0	100,0	11,5

Nota: U.P. representa a quantidade da unidade pecuária

Fonte: Compilado das soluções dos modelos

É essencial comparar a situação observada com a obtida no modelo usando a função de utilidade estimada. O Quadro 2 mostra esta comparação. Como se pode verificar, os desvios absolutos, medidos em percentagem, entre os valores dos níveis das actividades observados e os valores óptimos obtidos do modelo são suficientemente reduzidos para se poder afirmar que o modelo reproduz o comportamento do agricultor. O desvio absoluto em percentagem, quando todas as actividades estão incluídas, é cerca de 11,5%, inferior ao valor de 15% aconselhado como valor máximo por Hazell e Norton (1986, p.271).

4.2. RESULTADOS DA SIMULAÇÃO

A análise dos impactos das políticas agrícolas, em muitos trabalhos de pesquisa, é simulada em modelos de optimização em que a função objectivo se limita à maximização (minimização) de uma função objectivo mono-critério. No entanto, como anteriormente referido, os agricultores enfrentam vários objectivos simultaneamente, muitas vezes em conflito, não existindo um único critério facilmente definível.

No Quadro 3 comparam-se os planos de actividade do modelo mono-critério (maximização do rendimento) com os do modelo multi-critério (maximização de uma função de utilidade, em que a cada objectivo é atribuída uma ponderação). Pode observar-se que o nível de intensidade das actividades nas áreas mais problemáticas, isto é, nas zonas de sequeiro, é muito maior quando a função objectivo é a maximização do rendimento. No cenário mono-objectivo, as áreas cultivadas com cereais e com forragem para feno excedem em cerca de 35% as áreas destas culturas no cenário multi-objectivo. Em simultâneo, verifica-se uma redução das áreas de pastagem. No entanto, a actividade pecuária aumenta mais de 30%, em termos de densidade pecuária, em resultado do aumento da produção de feno. Relativamente às tecnologias de mobilização do solo, a sementeira directa é a opção óptima em ambos os cenários, uma vez que estes incluem as medidas agro-ambientais. Como resultado, os níveis de erosão são muito semelhantes, o que também se deve ao baixo peso que o agricultor dá, na sua função multi-objectivo, à erosão.

Quadro 3 – Comparação entre os Planos de Actividade dos Modelos de Maximização da Utilidade e de Maximização do Rendimento

<i>Actividades</i>	<i>Modelo de Maximização da Utilidade</i>	<i>Modelo de Maximização do Rendimento</i>
Culturas (ha) *:		
Sequeiro		
Cereais	20,7	27,9
Feno	46,1	62,0
Pastagem	231,9	208,0
Regadio		
Cereais	29,2	29,2
Silagem	32,5	32,5
Animais:		
Bovinos	217	240
(unidade pecuária)		
Densidade Pecuária (CN/ha)	0,70	0,93
**		
Técnicas Culturais (ha):		
Sementeira Directa	134,2	158,0
Tradicional		
Níveis de Erosão (ton/ha/ano) ***	0,87	0,94

*- Hectares; **- Cabeças Normais (standard)/hectare; *** - Toneladas por hectare e por ano

Fonte: Compilado das soluções dos modelos

As maiores diferenças entre estes cenários observam-se ao nível do risco que o agricultor enfrenta, medido como a soma ponderada (λ) dos desvios negativos do rendimento esperado dos vários estados de natureza, de acordo com as respectivas probabilidades de ocorrência (Quadro 4). Convém notar que o pagamento único não foi incluído no cálculo do rendimento total esperado pois é idêntico para ambas as metodologias, não alterando os resultados. Assim, o risco relativo ao rendimento total esperado (neste caso, λ é dividido pelo rendimento total esperado) aumenta de 2,2% para 11,3% quando o agricultor passa da maximização de uma função multi-objectivo para a maximização do rendimento. Estas diferenças explicam-se pelo acentuado peso (cerca de 17%) que o agricultor, nos seus objectivos, dá à minimização do risco. Também se observa um aumento de cerca de 14% do rendimento total esperado, consequência do aumento aproximado de 64% observado no rendimento total esperado da produção (sem subsídios agro-ambientais), a que normalmente está associado um elevado risco. Os subsídios agro-ambientais decrescem cerca de 13%. Estes resultados também permitem verificar que quando a optimização se faz relativamente a um único objectivo, a solução se afasta bastante da realidade, mostrando que os agricultores, no seu processo de tomada de decisão, levam em consideração vários objectivos.

Quadro 4 – Comparação entre os Rendimentos Esperados e Risco dos Modelos de Maximização da Utilidade e de Maximização do Rendimento

	<i>Modelo de Maximização da Utilidade</i>	<i>Modelo de Maximização do Rendimento</i>
Rendimento Total Esperado - RE (€)	35 954,8	40 891,6
Rendimento Total Esperado sem subsídios das Agro-ambientais (€)	12 130,5	19 863,3
Subsídios Esperados Agro-ambientais (€)	23 824,3	21 028,27
Soma dos Desvios Negativos (λ)□(€)	785,4	4 615,8
Risco/Rendimento (λ/RE)%	2,2	11,3

Fonte: Compilado das soluções dos modelos

O Quadro 5 compara os planos culturais óptimos e os níveis de erosão para os dois cenários de política agrícola: com as ajudas agro-ambientais e sem as ajudas agro-ambientais, simulando, este último, uma situação previsível, dadas as restrições orçamentais enfrentadas pela política agrícola a nível nacional e comunitário. A extinção das medidas agro-ambientais conduz a uma elevada extensificação nas áreas de sequeiro, com uma redução em mais de 90% da área cultivada, e a um aumento da área de pastagens e da actividade pecuária. A densidade pecuária passa de 0,7 cabeças normais por hectare para 0,94 cabeças normais por hectare. Também se verifica uma alteração significativa na técnica de mobilização do solo, que passa da sementeira directa (no cenário com agro-ambientais) para a sementeira tradicional (no cenário sem agro-ambientais).

Quadro 5 – Comparação entre os Planos de Actividade do Modelo de Maximização da Utilidade com e sem Ajudas Agro-Ambientais

<i>Actividades</i>	<i>Cenário com Agro-Ambientais</i>	<i>Cenário sem Agro-Ambientais</i>
Culturas (ha) *:		
Sequeiro		
Cereais	20,7	1,6
Feno	46,1	3,6
Pastagem	231,9	295,6
Regadio		
Cereais	29,2	29,2
Silagem	32,5	32,5
Animais:		
Bovinos	217	305
(unidade pecuária)		
Densidade Pecuária (CN/ha) **	0,70	0,94
Técnicas Culturais (ha):		
Sementeira Directa	134,2	
Tradicional		70,4
Níveis de Erosão (ton/ha/ano) ***	0,87	0,96

Fonte: Compilado das soluções dos modelos

*- Hectares; **- Cabeças Normais (standard)/hectare; *** - Toneladas por hectare e por ano

Assim, observa-se que o nível de erosão do solo aumenta ligeiramente apesar da grande redução da área cultivada em sequeiro. Note-se que a afectação cultural na área de regadio não sofre alterações, excepto no que respeita à mobilização do solo que se passa a ser a mobilização tradicional, no cenário sem agro-ambientais.

Quadro 6 – Comparação entre os Rendimentos Esperados e Risco do Modelo de Maximização da Utilidade com e sem Ajudas Agro-Ambientais

	<i>Cenário com Agro-Ambientais</i>	<i>Cenário sem Agro-Ambientais</i>
Rendimento Total Esperado –RE (€)	35 954,8	30 189,1
Rendimento Total Esperado sem subsídios das Agro-ambientais (€)	12 130,5	30 189,1
Subsídios Esperados Agro-ambientais(€)	23 824,3	-
Soma dos Desvios Negativos (λ) □ (€)	785,4	613,88
Risco/Rendimento (λ/RE) %	2,2	2,0

Fonte: Compilado das soluções dos modelos

O impacto da extinção dos subsídios agro-ambientais no rendimento esperado e no risco é apresentado no Quadro 6. Neste pode observar-se que o rendimento total esperado diminui apenas cerca de 16%, uma vez que as ajudas agro-ambientais são compensadas por um aumento bastante grande do rendimento obtido com a produção pecuária. Ao nível do risco, o fim das ajudas agro-ambientais não têm um impacto significativo, o que pode ser explicado pelo facto de, na função utilidade, o objectivo de minimização do risco, aparecer com um peso apreciável.

5. SÍNTESE CONCLUSIVA

As decisões económicas e ambientais são tomadas com base num conhecimento multidisciplinar incorporando as ciências naturais, sociais, e a política. Estas decisões são particularmente difíceis na região Mediterrânica do sul de Portugal. Esta é caracterizada pela sua aridez em resultado da reduzida e irregularmente distribuída precipitação, e está também associada a solos pobres e delgados com uma capacidade de retenção da água insuficiente para manter a produtividade agrícola. A degradação e a erosão dos solos são um problema importante que tem conduzido a uma crescente desertificação. A Comunidade Europeia introduziu um conjunto de medidas de política agrícola, as medidas agro-ambientais, com o objectivo de manter um conjunto de sistemas agrícolas tradicionais ameaçados de extinção, eliminar os efeitos negativos da agricultura sobre o ambiente e, ao mesmo tempo, manter os rendimentos dos agricultores. No entanto, o sucesso destes esquemas depende não só das características das explorações agrícolas, mas também das preferências do agricultor. Assim, os agricultores, na sua tomada de decisão, têm em consideração vários objectivos em simultâneo. No caso dos agricultores da zona Mediterrânea parecem ser particularmente importantes os objectivos de maximização do rendimento, da redução da variabilidade desse rendimento e da manutenção do nível de produtividade do solo e não apenas o único e tradicional objectivo de maximização do rendimento. A metodologia multi-critério, em que são estimados os pesos relativos dos vários objectivos do agricultor (maximizar o rendimento, minimizar o risco e a erosão), simula, com maior precisão, as decisões reais dos agricultores quando comparada com a metodologia em que o objectivo é apenas o da maximização do

rendimento. Esta diferença reveste-se de maior importância quando as actividades e as tecnologias conduzem a um risco mais elevado, pois o agricultor, na sua função objectivo, dá um peso relevante à minimização do risco. O nível de erosão do solo, embora seja um objectivo considerado pelo agricultor, entra com um baixo peso na função utilidade.

Quando o fim das medidas agro-ambientais é simulado pode observar-se uma reconversão das culturas de sequeiro em pastagens naturais com um ligeiro aumento do encabeçamento pecuário e um ligeiro aumento do nível de erosão do solo. Contudo, o aumento da erosão seria maior se os efeitos do pisoteio dos animais no solo, isto é, se a degradação do solo provocada por elevados encabeçamentos, fossem contabilizados. As medidas agro-ambientais também parecem ser eficazes na manutenção de sistemas culturais tradicionais, baseados na produção extensiva de cereais e forragens de sequeiro, na manutenção de um rendimento agrícola sustentável e na adopção de tecnologias de conservação do solo.

A inclusão dos custos da erosão resultantes da diminuição da produtividade das culturas poderá alterar os resultados obtidos. Deste modo, em investigação futura, a modelação daqueles custos deverá ser contemplada e o seu impacto analisado. Do mesmo modo, o impacto das medidas agro-ambientais nos níveis de lixiviação azotada do solo deverá também ser avaliado.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Amador, F., J. M. Sumpsi e C. Romero (1998). "A non-interactive methodology to assess farmers' utility functions: na application to large farms in Andalusia, Spain". *European Review of Agricultural Economics*, 25: 95-109.
- Arriaza, M. e J. A. Gómez-Limón (2000). *Local Water Markets for Irrigation in Southern Spain: A Multicriteria Approach*. XXIV IAAE Congress, Berlim.
- Bonnieux F., Rainelli P. and Vermersch D. (1998): "Estimating the supply of environmental benefits by agriculture: a French case study". *Environmental and Resource Economics* 11, pp.135-153.
- Carvalho, M.L S., AC. Pinheiro and M. de Castro Neto, 1997. *Development of a mathematical programming Model to Include the Effects of Crop Yield Variability on Animal Production*, in Mansholt Studies 7, Wageningen, Agricultural University.
- Carvalho, M. L. S. and M.L. F. Godinho, 2004. *Will farm income risk change under the new CAP Reform?* Digital format, 86th EAAE Seminar, Capri, Italy.
- Drake L., Bergström P. and Svedsäter H. (1999): Farmers' attitudes and uptake. In Van Huylenbroeck G., Whitby M.(eds.): *Countryside stewardship: Farmers, Policies and Markets*, Elsevier Science Ltd., Oxford, pp. 89-111.
- Dyer, J. S. (1977). *On the Relationship between Goal Programming and Multiattribute Utility Theory*. Discussion paper N° 69. Management Study Center, University of California, Los Angeles.
- Godinho, M. de Lurdes Ferro. (1997). "The Impact of the 1992 CAP Reform on Soil Erosion in the Alentejo Region of Portugal". Unpublished PhD Thesis, Wye College, University of London, UK.
- Gómez-Limón, J. A. e J. Berbel (1995). "Aplicación de una metodología multicriterio para la estimación de los objetivos de los agricultores del regadío cordobés". *Investigación Agraria: Economía*, 10 (1): 103-123.
- Gómez-Limón, J. A. e J. Berbel (1999). "Multicriteria Analysis of Derived Water Demand Functions: A Spanish Case Study". *Agricultural Systems*, 63: 49-71.

- Gómez-Limón, J. A. e M. Arriaza (2000). "Sócio-Economic and Environmental Impact of Agenda 2000 and Alternative Policy Choices for Market Liberalisation on an Irrigated Area in North-Western Spain". *Agricultural Economics Review*.
- Hazell, Peter B., 1971. *A linear alternative to quadratic and semivariance programming for farm planning under uncertainty*, American Journal of Agricultural Economists, vol. 53, n.1.
- Hazell, Peter B. and Roger D. Norton, 1986. *Mathematical Programming for Economic Analysis in Agriculture*, Macmillan Publishing Company, New York, USA.
- Herrero, M., R.H. Fawcett, J.B. Dent (1999). "Bio-economic Evaluation of Dairy Farm Management Scenarios using Integrated Simulation and Multiple-Criteria Models". *Agricultural Systems*, 62: 169-188
- Hwang, C. L. e K. Yoon (1981) *Multi Attribute Decision Making*. Springer-Verlag, New York.
- Latacz-Lohmann, Uwe and Ian Hodge (2003), "European agri-environmental policy for the 21st century", *The Australian Journal of Agricultural and Resource Economics*, 47:1, pp. 123–139.
- Linkov, I A. Varghese, S. Jamil, T.P. Seager, G. Kiker, T. Bridges (2004). "Multi-Criteria Decision Analysis: A Framework for Structuring Remedial Decisions at Contaminated Sites" in Linkov, I. and Ramadan, A. eds *Comparative Risk Assessment and Environmental Decision Making*, Kluwer, pp. 15-54
- Marques, C.A.F., (1988) *Portuguese entrance into the European Community – implications for dryland agriculture of the Alentejo Region*, PhD Thesis, Purdue University, West Lafayette, U.S.A.
- Romero, C. e T. Rehman (1989). *Multiple Criteria Analysis for Agricultural Decisions*. Elsevier, Amsterdam.
- Pinheiro, A. e Saraiva, J. (2003). "Sustentabilidade da Agricultura de Regadio Face à Directiva Quadro da Água: Uma Aplicação com Programação Multi-Objectivo". *Anais da Universidade de Évora*, Évora.
- Sumpsi, J. M., F. Amador e C. Romero (1993). *A research on Andalusian farmers' objective: methodological aspects and policy implication*. 7th European Association of Agricultural Economists Congress, Stresa.
- Sumpsi, J. M., F. Amador e C. Romero (1997). "On farmers' objectives: a multi-criteria approach". *European Journal of Operational Research*, 96 (1): 64-71.
- Williams, J. R., P. T. Dyke, and C. A. Jones (1982). "EPIC: A Model for Assessing the Effects of Erosion on Soil Productivity", *Proceedings of Symposium on Chemical Transport*, F. T. Collins, CO.